Développement et évaluation de méthodes scientifiques et pédagogiques pour l'étude des tortues marines en Polynésie française

Te mana o te moana

Lieu de stage : Association *Te mana o te moana*, Polynésie française

Maître de stage : Matthieu Petit, Chargé de mission en environnement

Superviseur académique : Jean-François Rees

Sophie Dincq

Rapport de stage présenté en vue de l'obtention du
diplôme de
Master en Biologie des Organismes et Ecologie
(BOE)

Année académique 2010-2011

Avant-propos

Ce document présente les activités que j'ai accompli au cours de mon stage de travail (LBOE2260) effectué du 15 février au 15 juin 2011 à l'association Te mana o te moana en Polynésie française. Ce stage m'a permis d'appréhender le rôle d'un biologiste dans le milieu associatif de la conservation et d'appliquer les connaissances acquises au cours de mon programme universitaire dans la réalité professionnelle.

En plus du développement de ma thématique de stage, j'ai réalisé différentes tâches participant au bon fonctionnement et au développement de l'association. Dans le domaine éducatif, j'ai participé ponctuellement à différents programmes pédagogiques ou manifestations (*e.g.* Journée mondiale des Océans) proposés aux scolaires et orientés sur la protection des écosystèmes marins. Leur but est de sensibiliser les jeunes générations au respect de leur environnement en leur inculquant la voie d'une démarche éco-responsable. J'ai également apporté mon aide à la Clinique des tortues (soins, nourrissages, changements d'eau des juvéniles, *etc.)* et eu l'opportunité d'assister à plusieurs autopsies et de pratiquer, sous la surveillance du vétérinaire de l'association, celle d'une tortue imbriquée (décédée suite à la perforation d'un poumon par un harpon de pêche).

Afin d'évaluer les méthodes de suivi pratiquées sur le terrain, j'ai été amenée à contribuer aux campagnes d'échantillonnage des deuxièmes et troisièmes périodes réalisées à Maiao, Tetiaroa et Moorea. Les suivis à terrer et en mer m'ont permis d'appréhender les contraintes liées à l'organisation des campagnes de terrain et de découvrir des méthodes de suivi spécifiques.

L'évaluation de la méthode du *manta tow* et le développement d'un modèle cartographique m'ont permis d'acquérir de nouvelles connaissances dans différents domaines tel que les analyses statistiques ou l'utilisation de logiciels de cartographie et de retouche d'images. L'aide de mon maître de stage, Matthieu Petit, a été précieuse pour progresser pas à pas dans l'apprentissage de ces outils. De plus, la réalisation de mon mémoire a permis de me perfectionner dans la rédaction de rapports scientifiques. La concrétisation de mon travail devrait être, je l'espère, la publication de l'évaluation de la méthode de manta tow pour le suivi des tortues marines au sein d'une revue scientifique.

Contenu

1. Remerciements 2
2. Présentation du lieu de stage 3
3. Présentation du sujet du stage 4
   3.1. Contexte et objectifs du programme de recherche 4
   3.2. Protocoles appliqués lors des suivis 4
4. Suivi des populations en mer 6
   4.1. Evaluation de la méthode de *manta tow* 6
   4.2. Développement d'un modèle cartographique pour l'illustration des densités de tortues marines 7
5. Développement d'un protocole participatif au suivi des pontes destiné au grand publique 8
6. Deux outils différents pour une meilleur perception de la situation globale 9
7. Conclusion 10
8. Bibliographie 11
9. Annexes 11

Table des figures

Figure 1 : localisation des îles étudiées dans l'archipel de la société (PF) 5
Figure 2 : schéma représentant la technique de *manta tow* 6
Figure 3 : Carte représentant la distribution d'*Eretmochelys imbricata* (Moorea, novembre 2010) 8
Figure 4 : Logo de l'Observatoire 9

1. Remerciements

Māuruuru roa à toute l'équipe de Te mana o te moana pour m'avoir si bien accueilli parmi vous. Merci à Cécile Gaspar pour m'avoir donné l'opportunité de réaliser ce stage dans un cadre magnifique, à Matthieu Petit pour m'avoir encadré tout au long de celui-ci, à Magali Soria pour ses encouragements et les moments passés ensemble à la Clinique et à Vie Jourdan pour son aide dans le domaine éducatif. J'ai passé quatre mois fantastiques remplis de découvertes et de moments inoubliables !

Māuruuru également au CRIOBE (Centre de Recherches Insulaires et OBservatoire de l'Environnement) et à ses nombreux stagiaires pour les bons moments passés ensemble. Merci aussi à Thierry Lison de Loma et Yannick Chancerelle pour avoir répondu à mes questions concernant la technique de *manta tow* et la façon de traiter les données liées à celle-ci.

Je repars la tête pleine de souvenirs imprégnés du parfum des fleurs de tipaniers. Un grand merci à tous ceux qui y ont participé.

2. Présentation du lieu de stage

Fondée le 23 septembre 2004, l'association Te mana o te moana est une association à but non lucratif (loi 1901) installée en Polynésie française, sur l'île de Moorea. Son but principal est de participer à la protection de l'environnement marin au travers de trois domaines d'action que sont :

- La conservation : l'association gère la Clinique des tortues située au sein de l'hôtel InterContinental Moorea Resort & Spa. Elle a accueilli 120 tortues marines de plus de 6 mois dont 62 ont été relâchées dans leur milieu naturel avec succès et 5 sont toujours présentes. Elle a également recueilli 150 juvéniles de moins de 6 mois provenant de différentes îles dont l'atoll de Tetiaroa sur lequel l'association effectue des suivis de site de ponte. L'association crée des jardins de coraux suivant les principes de la restauration corallienne afin de permettre la colonisation par les poissons de zones dont la faune et la flore étaient initialement pauvres. Des actions ponctuelles comme le ramassage de déchets sur diverses îles sont également réalisées.
- L'éducation : plus de 33 000 enfants ont été sensibilisés à la protection du milieu marin et de sa biodiversité en moins de sept ans d'existence. De nombreux supports pédagogiques (2 malles éducatives, 2 kits éducatifs, 3 livrets pédagogiques en français et en tahitien, *etc.*) ont été conçus à cet effet. Différents programmes pédagogiques portant sur les thèmes des tortues, des récifs coralliens ou encore des cétacés sont proposés aux scolaires. L'association organise et participe également à des évènements en faveur de l'environnement afin de sensibiliser le grand public.
- La recherche : en partenariat avec des centres de recherche ou des universités, Te mana o te moana participe à plusieurs projets de recherche sur l'écosystème insulaire ainsi que sur la faune et la flore de Polynésie. L'association a également organisé, en octobre 2010, le*« 1st French Polynesian Symposium and Workshop on Sea Turtle »* dans le cadre de l'actuel double programme de recherche sur les tortues marines de l'Archipel de la Société. Elle effectue de plus le suivi d'espèces marines présentes en Polynésie française (tortues, poissons, cétacés, coraux).

Te mana o te moana est une association agréée par le code de l'Environnement (Article L621-1 dans le cadre territorial - arrêté n°947/DRCL), est membre de l'UICN (catégorie B (c) Organisations nationales non gouvernementales) et est reconnue d'intérêt général depuis septembre 2008 par le gouvernement polynésien (arrêté n° 1324 CM).

L'association compte plus de 200 partenaires à travers le monde, plus de 400 membres bienfaiteurs et 40 bénévoles actifs. Te mana o te moana a également accueilli plus de 23 stagiaires depuis 2005.

3. Présentation du sujet du stage

Les objectifs principaux de ce stage étaient (a) de contribuer au double programme de recherche sur les tortues marines de l'Archipel de la Société, principalement en évaluant la technique utilisée lors des suivis en mer et en développant un modèle cartographique permettant d'illustrer les densités d'observations, et (b) de participer à l'initiation de l'Observatoire des tortues marines de Polynésie française en créant un protocole de suivi des sites de pontes destiné au grand public (disponible en annexe 1).

3.1. Contexte et objectifs du programme de recherche

Depuis des milliers d'années, l'Homme exerce une prédation importante sur les tortues marines dont la quasi-totalité des espèces est inscrite sur la liste des espèces *en danger* ou *en danger critique* d'extinction de l'UICN (Union International pour la conservation de la nature). Ces chéloniens sont protégés par différentes conventions internationales (convention de Washington, convention de Bonn, *etc.*) et par des lois locales en Polynésie française (depuis 1971) (Eckert *et al.*, 1999; Gaspar *et al.*, 2008). Une diminution globale du nombre de pontes des tortues vertes (*Chelonia mydas* - seule espèce se reproduisant en Polynésie) due au braconnage intensif et à la destruction ou la détérioration de leur habitat et des sites de ponte est généralement acceptée en Polynésie et au niveau mondial (Balazs *et al.*, 1995; Hazel *et al.*, 2009). Cependant, on dispose de peu d'informations sur les effectifs des tortues marines, leur succès reproducteur et les facteurs influençant leur mortalité (selon Gaspar *et al.*, 2008). Une des rares études réalisées dans les années 70 puis 90 conclut toutefois à une chute très importante des stocks de *C. mydas* au sein des réserves territoriales de Scilly et Mopelia (Balazs *et al.*, 1995). La tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*), plutôt commune en Polynésie française, est quant à elle considérée comme en danger critique d'extinction par l'UICN.

Le succès reproductif des tortues marine étant faible (un seul œuf sur un millier atteindra la maturité) et leur reproduction étant tardive (25-30 ans pour les tortues vertes) et intermittente (tous les 2 à 4 ans), ces organismes présentent un cycle de vie long et complexe (Spotila, 2004; Lutz & Musick, 1997).

L'insuffisance de données locales limitant l'initiation de tout plan de conservation efficient, Te mana o te moana a souhaité développer ce programme de recherche faisant intervenir deux composantes que sont le suivi des populations en mer et le suivi des sites de ponte sur terre. L'obtention d'informations essentielles à l'évaluation des stocks de tortues marines en Polynésie française permettra l'accès à une gestion efficace de leurs populations. Ce programme devrait permettre, entre autre, de comparer la distribution des tortues entre trois périodes de l'année au sein des différentes îles où les suivis ont été réalisés et fournira des informations relatives à l'écologie de ces organismes en Polynésie française.

3.2. Protocoles appliqués lors des suivis

Six îles de l'Archipel de la Société (Bora Bora, Maiao, Maupiti, Moorea, Tetiaroa et Tupai – fig. 1) font l'objet de suivis à trois périodes de l'année (novembre – janvier - avril). Ces îles

ont été choisies pour des raisons historiques (anciennes plaques tournantes du commerce de tortues, site de pontes réputé, *etc.*) et logistiques (*e.g.* faciles d'accès). Cette sélection réunit des îles hautes comme des atolls, des îles plus ou moins habitées, présentant un plan de gestion de l'espace maritime ou non. Différentes caractéristiques ont donc été prises en compte.

Le suivi des populations en mer est réalisé en appliquant la technique du *manta tow*. Deux plongeurs en snorkelling sont tractés pendant une session de 44 minutes en moyenne par un bateau à une vitesse constante et basse (3 nœuds) (fig. 2). Les sessions sont divisées en transects de 4 minutes. Un observateur sur le bateau est responsable de la gestion du chronomètre et de la prise des coordonnées GPS (à la fin de chaque transect et à chaque observation) ainsi que de l'observation de tortues en surface.

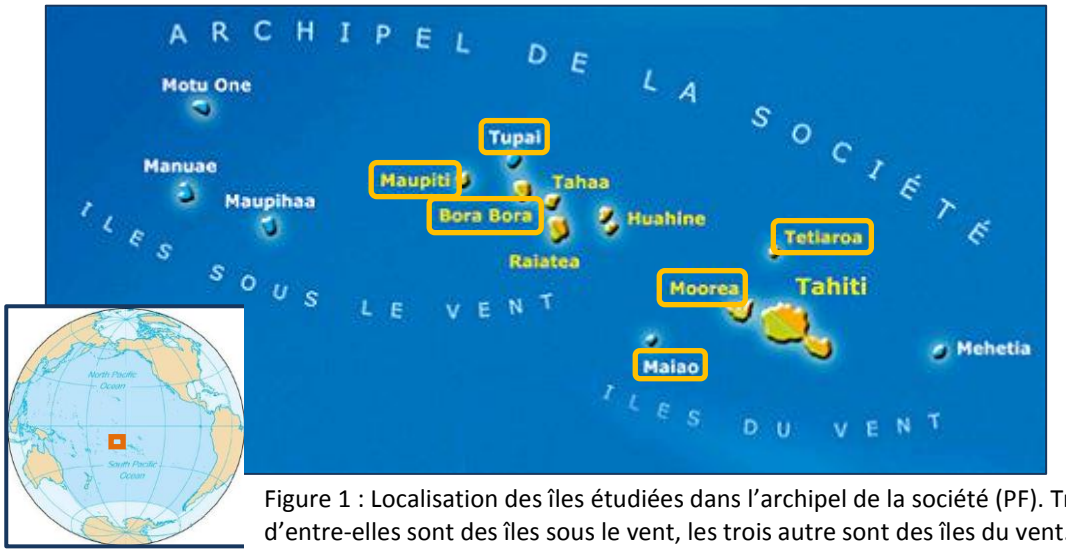


Figure 1 : Localisation des îles étudiées dans l'archipel de la société (PF). Trois d'entre-elles sont des îles sous le vent, les trois autre sont des îles du vent.

Cette méthode permet de recenser les individus en parcourant de vastes zones rapidement et avec un appui technique minimal (English *et al.*, 1994 ; Kenyon, 2006). Elle permet également la récolte d'informations telles que l'espèce, le sexe (définissable uniquement chez les individus matures), la taille, *etc.* de l'individu observé (Roos *et al.*, 2005). De plus, l'acquisition des connaissances nécessaire à la pratique du *manta tow* est aisée et rapide : quelques séances d'entrainement permettent aux plongeurs inexpérimentés d'améliorer significativement la précision de leurs observations et d'atteindre un niveau de compétences suffisant pour la réalisation des suivis (Miller & De'ath, 1996).

Le suivi de sites de pontes sur terre vise, quant à lui, la récolte d'information sur la nidification des tortues (traces, nids, *etc.*) (Delcroix, 2010). Le type de substrat, les coordonnées GPS, la largeur de la trace, les prédateurs potentiels sont quelques-uns des paramètres relevés. Ils permettront d'établir les préférences des femelles reproductrices (tortues vertes) quant aux plages de l'Archipel. Aux cours de ces suivis, des émergentes (juvéniles sortant du nid) ou des femelles reproductrices (suivis de nuit) peuvent être observées. Elles fourniront dès lors des informations supplémentaires.

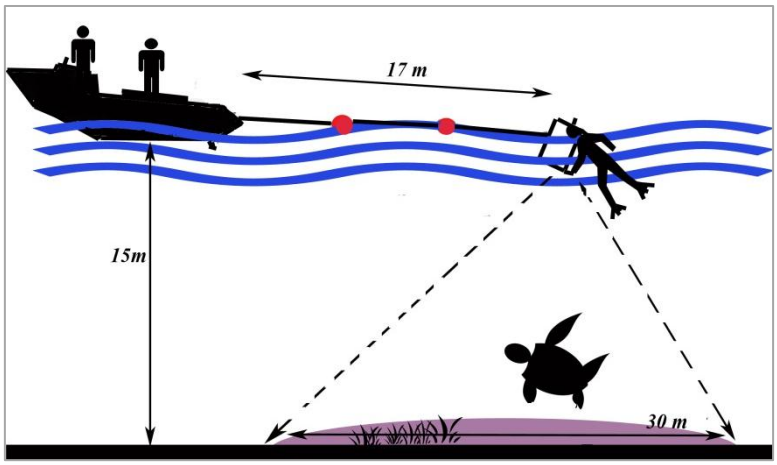


Figure 2 : Schéma représentant la technique de *manta tow* (M. Petit).

4. Suivi des populations en mer

4.1. Evaluation de la méthode de *manta tow*

Cette méthode est utilisée depuis de nombreuses années pour le suivi de l'état de santé des récifs coralliens à grande échelle (Miller and De'ath, 1996 ; English *et al.*, 1994). Elle est d'ailleurs utilisée et recommandée pour cela par le GCRMN (réseau global de surveillance des récifs coralliens) (Miller *et al.*, 2009). Elle a cependant été rarement utilisée pour effectuer un recensement d'organismes benthiques de grande taille (Richards *et al.*, 2011), et jamais encore dans le cadre d'un suivi de tortues marines. Il m'a donc été demandé de déterminer si elle pouvait être considérée comme un outil fiable et pérenne pour l'étude des tortues marines en milieu marin.

Il m'a semblé essentiel de rechercher l'existence d'un biais attribuable à la « compétence » des plongeurs et des observateurs. Des comparaisons des taux d'observation (rapport entre le nombre de tortues observées et le nombre de transects réalisés dans une session) dans ces deux catégories de personnel ont été réalisées (test de Kruskal-Wallis). Afin de s'affranchir de la variabilité inter-îles, le même test a été effectué pour comparer les taux d'observation au sein des six îles visitées. Afin de tester l'amélioration des capacités d'observation du personnel au cours du temps, des tests de comparaison (tests de Mann-whitney) entre les deux premières périodes de suivis ont été effectués (la troisième période n'a pu être terminée avant la fin de ce stage).

Les paramètres pouvant présenter un biais important à la méthode, tel que l'effet de la vitesse de l'embarcation, l'heure à laquelle les suivis ont débutés ainsi que les conditions météorologiques, ont été testés *via* des tests de comparaison (Kruskal-Wallis). Finalement, des Analyses Factorielles des Correspondances (AFC) ont été réalisées afin de déterminer si les différentes conditions météorologiques, les horaires de début de suivi ou si la vitesse de l'embarcation sont corrélées aux îles. Les différents résultats obtenus sont disponibles en annexe 1.

Nous avons constaté que les compétences des observateurs et des plongeurs ne remettent pas en cause la validité des résultats. En effet, aucune différence significative n'a été relevée entre les plongeurs ou entre les observateurs au sein d'une même île. Il n'y a donc pas de différence significative entre personnes expérimentées et moins expérimentées.

De plus, aucune différence significative n'a été observée entre les taux d'observation des différentes périodes pour chacun des plongeurs/observateurs. Cela nous indique donc que malgré la pratique du *manta tow*, aucune amélioration n'est perçue dans l'observation d'individus entre ces deux périodes et ce, pour les personnes expérimentées comme pour les moins expérimentées. Les plongeurs et les observateurs présentent une capacité constante à observer des tortues marines. L'apprentissage de la technique est donc efficace et assure une maîtrise suffisante de la méthode aux plongeurs et aux observateurs pour participer aux suivis. Ce résultat concorde avec les conclusions de Miller et De'ath (1996) sur l'effet de la formation à la pratique du *manta tow*. Les différences observées entre plongeurs/observateurs, toutes îles confondues, sont donc dues à la variabilité inter-îles plutôt qu'à un biais dû à l'expérience des personnes impliquées dans les suivis.

Des différences significatives entre les différentes conditions météorologiques et les vitesses de l'embarcation ont été observées. Toutefois, des corrélations plus ou moins importantes de ces conditions et de ces vitesses avec les différentes îles ont à chaque fois été constatées (*via* les ACP). La variabilité inter-îles semble donc intervenir dans les différences entre les taux d'observations observées pour le vent, la couverture nuageuse, l'amplitude des vagues, le cycle lunaire et la vitesse de l'embarcation.

Aucun effet n'étant attribuable aux plongeurs/observateurs ayant participé aux suivis ni aux horaires de début de session et les différences significatives observées au sein de chaque catégorie de conditions météorologique et de vitesse de l'embarcation pouvant être attribuées à la variabilité inter-îles, nous concluons que la technique du *manta tow* est une méthode adaptée aux suivis des tortues marines dans certaines conditions.

4.2. Développement d'un modèle cartographique pour l'illustration des densités de tortues marines

Les données obtenues au cours du double programme de recherche permettant la comparaison entre les trois périodes de suivi au sein des différentes îles, j'ai réalisé des cartes illustrant la distribution des deux espèces observées (*Chelonia mydas* et *Eretmochelys imbricata*). Les 24 cartes ont été conçues à l'aide des logiciels *Google Earth* (version 6.0.2.2074) et Adobe Photoshop CS2 (version 0.9) (Fig. 3). Ces cartes ont été présentées à la *CEPF* Mid-term Evaluation Conference* (Suva, Fidji - Juin 2011) et seront intégrées aux restitutions (rapports finaux, publications, présentations) réalisées dans le cadre du projet.

Ces représentations cartographiques des observations réalisées lors des suivis en *manta tow* nous permettent de mieux comprendre la localisation des deux espèces observées autour des six îles visitées et principalement les zones de nourrissage et de nurserie des tortues

**CEPF : Critical Ecosystem Partnership Fund*

imbriquées. En effet, nous avons constaté que les tortues vertes sont peu fréquemment observées (11 observations maximum à Moorea, île la plus fréquentée, au cours d'une période). Les tortues imbriquées sont plus présentes le long des côtes prospectées bien que peu nombreuses à Maiao, Maupiti et Tupai. À nouveau, les observations sont plus nombreuses sur la pente externe de Moorea (48 en novembre et 55 en janvier).

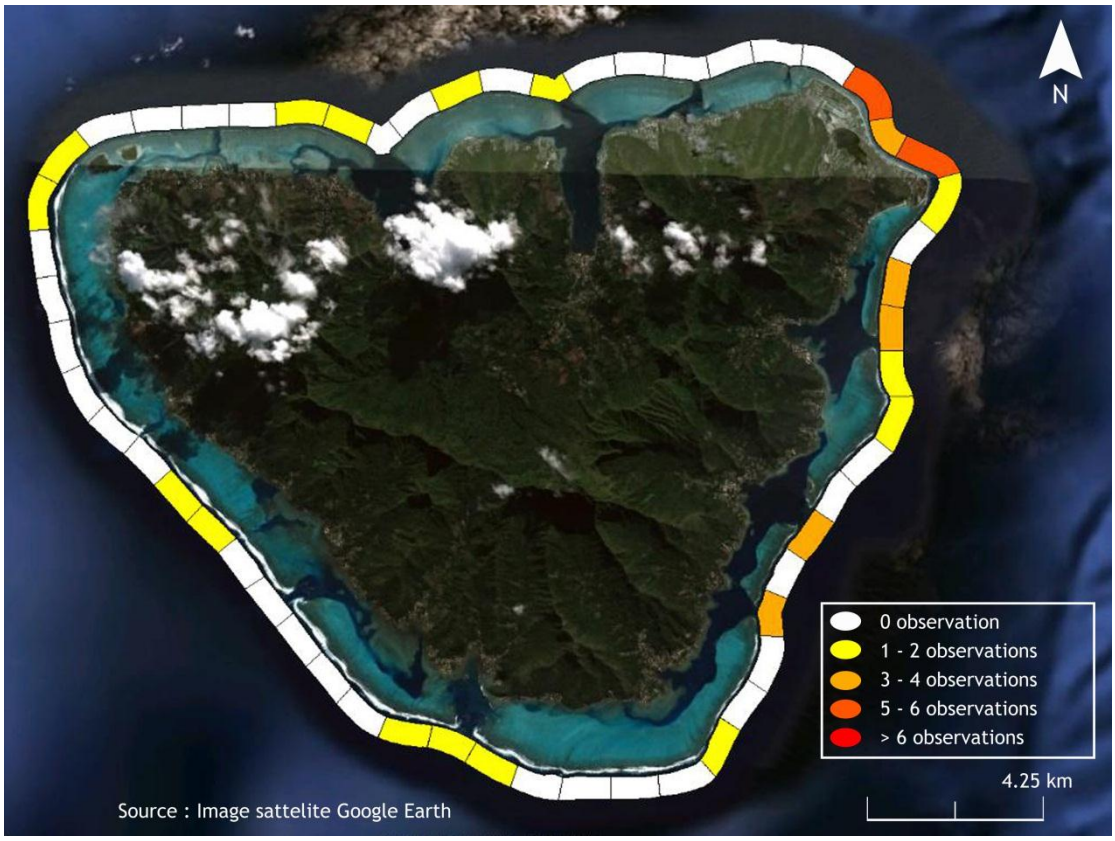


Figure 3 : Carte représentant la distribution d'*Eretmochelys imbricata* (Moorea, novembre 2010). Chaque polygone représente une surface de 300 m² prospectée (30m x 1km).

5. Développement d'un protocole participatif au suivi des pontes destiné au grand publique

L'association Te mana o te moana souhaiterait initier un programme visant la diffusion des connaissances concernant les tortues marines et la collecte d'informations relatives à leur observation (*e.g.* nidification) en Polynésie. L'Observatoire des tortues marines de Polynésie française (Fig. 4) devrait dès lors permettre un meilleur échange des renseignements entre ses membres désireux de participer à la conservation des tortues marines et les acteurs locaux.

Ainsi une vaste zone de collecte des informations offrira une vue globale de la situation des tortues marines dans cette région du pacifique et permettra d'agrandir la base de données locale en Polynésie française. Une connaissance plus approfondie des lieux et des caractéristiques de pontes (femelles reproductrices, traces, nids, environnement immédiat, *etc.*) fournira des outils directement applicables à la conservation de l'espèce.

L'identification des sites majeurs de pontes devrait également être possible, permettant dès lors la mise en place d'action de protection.

Il m'a donc été demandé de rédiger un programme reprenant les protocoles à appliquer lors des suivis de site de ponte. Ce document étant destiné aux résidents îliens de tout âge et niveau d'études, il a été rédigé afin d'être abordable pour tous. Il permettra à toute personne désireuse de s'impliquer dans ces suivis de posséder les informations essentielles à la bonne réalisation de ceux-ci.

Figure 4 : Logo de l'Observatoire.

6. Deux outils différents pour une meilleur perception de la situation globale

Deux programmes visant la récolte d'information sur les tortues marines ont donc été abordés au cours de ce stage : le double programme de recherche sur les tortues marines de l'Archipel de la Société et l'Observatoire des tortues marines de Polynésie française.

La formation, les connaissances nécessaires et l'encadrement des personnes y participant varient (le premier étant réalisé dans le cadre d'un programme scientifique, l'autre étant destiné au grand public). De plus, l'échelle géographique de ces deux types de programmes diffère. En effet, le double programme de recherche ne s'étend qu'à un archipel pour des raisons financières et logistiques. Le coût élevé d'un tel programme et le temps nécessaire à la récolte des données limitent les déplacements. L'observatoire devrait quant à lui concerner une large zone géographique, où des données régionales seront obtenues pour la première fois. La Polynésie française s'étend sur une surface comparable à celle de l'Europe et le manque d'informations locales ne permet pas d'estimer l'état de santé des populations dans cette région du monde. Un premier relevé d'informations générales sur leur présence en mer et leur nidification à travers la Polynésie française est donc essentiel.

Ces deux programmes combinés permettront d'élargir nos connaissances sur les différentes étapes du cycle de vie des tortues marines (reproduction, nourrissage, *etc.*) dans le milieu marin et terrestre. Ces outils sont complémentaires : le programme de recherche relève des paramètres liés à l'écologie des tortues marines dans cette partie du globe et l'Observatoire renseigne leur présence à travers la Polynésie. De plus l'Observatoire des tortues marines permettra l'identification de sites importants pour la reproduction de *C. mydas* et le nourrissage d'*E. imbricata*. Associées aux informations issues du double programme de recherche, ces données permettront une gestion plus efficace de ces zones d'importances.

7. Conclusion

L'association Te mana o te moana montre une détermination certaine d'enrichir nos connaissances sur l'écologie et la présence des tortues marines dans un but de protection de ces espèces menacées d'extinction. La mise en place de programmes de recherche et la volonté de faire participer les îliens à l'Observatoire, associées à une sensibilisation des insulaires, sont peut-être la clef d'un plan de conservation indispensable à la perduration des espèces de tortues marines en Polynésie française.

L'évaluation de la méthode du *manta tow* et le développement d'un modèle cartographique ont participé au double programme de recherche sur les tortues marines de l'Archipel de la Société. De plus, la réalisation d'un protocole de suivi des sites de pontes constitue la première action concrète du développement de l'Observatoire des tortues marines de Polynésie française. Ces deux programmes centrés sur l'obtention d'informations relatives aux tortues marines représentent l'espoir d'une association entre l'aspect scientifique et l'aspect social et culturel pour une meilleure connaissance et gestion de ces espèces emblématiques.

Ainsi, ce stage est une expérience très enrichissante durant laquelle j'ai découvert le monde du travail dans le milieu associatif et également les responsabilités et tâches qu'un biologiste peut avoir au sein d'une tel organisation. J'ai acquis de nouvelles connaissances dans divers domaines (biologie des chéloniens, outils cartographiques, *etc.*) et amélioré mes compétences dans d'autres (*e.g.* domaine éducatif). L'opportunité de réaliser l'évaluation d'une méthode de suivi a renforcé mon sens critique. La rédaction d'un protocole destiné à des personnes n'ayant pas de formation scientifique a, quant-à-elle, amélioré mes capacités de vulgarisation.

De plus, ce stage m'a donné l'opportunité de participer aux activités de conservation mises en place par l'association et de me sentir réellement utile quant à la protection de l'environnement marin. Le partage de mes connaissances menant à une sensibilisation des visiteurs de la clinique ou des enfants participant à des programmes éducatifs a également été gratifiant. En effet, il me semble que seules l'éducation et l'information des personnes vivant dans les milieux menacés peuvent mener à une prise de conscience essentielle à la protection de ces milieux.

8. Bibliographie

Balazs G. H., Siu P., Landret J.-P. (1995). Ecological aspects of green turtles nesting at Scilly atoll in French Polynesia. *Proceedings of the twelfth annual workshop on sea turtle biology and conservation*, 7-10.

Delcroix E. (2010). Protocole de suivi des pontes de Tortues Marines en Guadeloupe. Réseau tortues marines guadeloupe FWI.

Eckert K. L., K.A. Bjorndal, F.A. Abreu-Grobois and M. Donnelly (1999). Research and management Techniques for the conservation of Sea Turtles. *IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication No.4.*

English S., C. Wilkinson and V. Baker (1994). Survey manual for tropical marine resource, ASEAN-Australia Marine Science Project: Living Coastal Resources, Australian Institute of Marine Science, Townsville. 12-33.

Hazel J., I.R. Lawler, M. Hamann (2009). Diving at the shallow end: Green turtle behaviour in near-shore foraging habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.* 371:84–92.

Kenyon J.C., R.E. Brainard, R.K. Hoeke, F.A. Parrish and C.B. Wilkinson (2006). Towed-Diver Surveys, a method for mesoscale spatial assessment of benthic reef habitat : a case study at Midway atoll in the Hawaiian archipelago. *Coastal Management*. 34:339–349.

Gaspar C., M. Petit, N. Leclerc, M-J. Buscot, X. Hoenner (2008). Rapport final relatif au suivi des sites de ponte de tortues sur l'atoll de Tetiaroa. *Association Te mana o te moana,* Moorea, Polynésie française. 103 pp.

Lutz P.L. and J.A. Musick (1997). The Biology of Sea Turtles, *CRC Marine Science Series,* United States of America. 432 p.

Miller I.R. and G. De'ath (1996). Effects of training on observer performance in assessing benthic cover by means of the *Manta tow* technique. *Marine freshwater ressources*. 47:19-26.

Miller I.R., M. Jonker and G. Coleman (2009). Crown-of-thorns starfish and coral surveys using the *manta tow* and SCUBA search techniques. *Long-term Monitoring of the Great Barrier Reef Standard Operation Procedure* - Number 9 - Edition 3.

Roos D., D. Pelletier, S. Ciccione, M. Taquet and G. Hughes (2005). Aerial and snorkelling census techniques for estimating green turtle abundance on foraging areas: A pilot study in Mayotte Island (Indian Ocean). *Aquat. Living Resour*. 18:193–198.

Richards B.L., I.D. Williams, M.O. Nadon and B. J. Zgliczynski (2011). A Towed-diver survey method for mesoscale fishery-independent assessment of large-bodied reef fishes. *Bulletin of marine science*. 87:55–74.

Spotila J.R. (2004). Sea turtles – a complete guide to their biology, behavior and conservation. *The Johns Hopkins university press and oakwood arts*, Baltimore. 227 p.

9. Annexes

Annexe 1 : Protocole de suivi des sites de pontes

Ce document a été réalisé en collaboration avec Matthieu Petit.

Protocole de suivi des pontes de tortues marines

Guide méthodologique à destination des éco-volontaires de Polynésie française

te mana o te moana

OBSERVATOIRE DES TORTUES MARINES DE POLYNÉSIE FRANÇAISE

Protocole de suivi des pontes pour les éco-volontaires de Polynésie française

Juin 2011

Auteurs :

DINCQ Sophie, association Te mana o te moana.

PETIT Matthieu, association Te mana o te moana

BP 1374 Papetoai 98 729 MOOREA
(689) 56 40 11 – (689) 71 53 44
temanaotemoana@mail.pf
www.temanaotemoana.org

Remerciements :

La réalisation de ce guide a été rendue possible grâce au soutien précieux de la Fondation pour la Nature et l'Homme et la Fondation Annenberg.

Mode d'emploi:

Ce guide a pour vocation de rendre le suivi de pontes de tortues marines accessible à tous. Il détaille le principe et les objectifs du suivi ainsi que les différentes étapes de la méthode à suivre.

Les tortues marines sont des animaux protégés en Polynésie française. Les auteurs rappellent ainsi que, selon la délibération n°90-83 AT, sont interdits le transport, la détention, la collecte des œufs, la taxidermie, la capture à terre ou en mer, la commercialisation et l'importation ou l'exportation de toute partie ou produit provenant des tortues marines.

Ainsi, avant de commencer tout suivi, il est fortement conseillé de prendre contact avec les autorités compétentes, la Direction de l'Environnement de Polynésie française et /ou le Ministère en charge de l'Environnement. Ce guide ne décrit que les méthodes de suivi réalisables sans dérogation. Le creusage des nids, la manipulation des émergentes ou le baguage des adultes ne peuvent être ainsi réalisées sans autorisation préalable.

1. Pourquoi réaliser des suivis de pontes ?

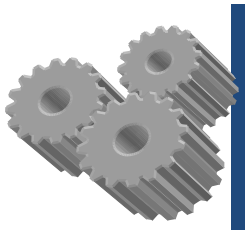
Il existe peu d'informations sur le nombre de tortues, leur reproduction, leur répartition ou leur mortalité en Polynésie française. L'état des stocks de tortues marines est donc mal connu dans la plupart des cas.

Cependant, la taille des populations semble diminuer comme dans d'autres régions du monde. Une des rares études, réalisée dans les années 70 puis 90, conclut à une chute très importante des stocks dans la réserve territoriale de Scilly, Bellingshausen et Mopelia, considéré par les scientifiques comme le site de ponte de tortues vertes le plus important de Polynésie française.

Les suivis de pontes permettent de recueillir de nombreuses données sur les traces, les nids,… et de voir si les populations de tortues se portent bien . Les résultats sont de véritables outils qui pourront être utilisés pour la conservation des tortues marines.

À l'heure actuelle, des suivis réguliers ou ponctuels sont menés en Polynésie française sur les îles de Bora Bora, Maiao, Maupiti, Tupai et Tetiaroa dans l'Archipel de la Société ainsi que les îles de Tikehau et Mataiva dans l'Archipel des Tuamotu.

Il est important d'élargir la zone de suivi afin d'avoir une vue plus globale de la situation des tortues marines dans cette région du Pacifique. Ce type de suivi ne peut-être réalisé par des équipes de scientifiques à l'échelle de la Polynésie. Il est donc crucial de pouvoir compter sur l'appui de bénévoles résidant dans les îles et impliqués dans l'étude et la protection des tortues marines.



En réalisant un suivi, vous contribuez à mieux connaître les tortues marines de Polynésie, élément nécessaire pour mieux les protéger.

2. Quelle espèce de tortue marine se reproduit en Polynésie française ?

Cinq espèces de tortues sur les sept existantes vivent dans les eaux polynésiennes. La tortue luth, la tortue olivâtre et la tortue caouanne sont rarement observées. Les tortues imbriquées sont assez fréquentes en Polynésie, elles s'y nourrissent. En revanche, les tortues vertes sont les seules à y pondre.

Tortue verte pondant sur l'atoll de Tetiaroa

Les tortues vertes laissent des traces typiques lors de la montée sur la plage. En effet, cette espèce avance par rebond en laissant des empreintes profondes et symétriques des nageoires de devant.

Maturité	les tortues vertes ne sont matures (adultes) qu'à partir de 25-30 ans. Leur reproduction est donc tardive.
Fréquence des saisons de ponte	les tortues vertes ne se reproduisent que tous les 2 à 4 ans en moyenne.
Fidélité	Les tortues vertes reviennent pondre dans le secteur où elles sont nées, voir sur la même plage.
Nombre de pontes par saison	Les tortues vertes pondent entre 3 et 5 fois par saison (avec 12 à 15 jours entre chaque ponte).
Nombre d'œufs	Les tortues vertes pondent une centaine d'œufs en moyenne par nid.
Succès d'éclosion	Si le nid n'est pas dérangé pendant la période d'incubation (entre la ponte et l'éclosion des œufs), 90% des œufs devraient éclore.

En Polynésie française, la saison des pontes des tortues vertes s'étale entre fin septembre et début avril. Les femelles creusent leurs nids à l'extrémité supérieure des plages (à la limite ou dans la végétation).

3. A qui s'adresse ce guide ?

Ce guide s'adresse à **toute personne physique ou morale désireuse de consacrer une partie de son temps libre à l'étude des tortues marines** et répondant aux critères listés plus bas.

L'Observatoire des tortues marines de Polynésie française existe pour servir de contact privilégié et fournir de plus amples renseignements aux personnes intéressées :

Observatoire des tortues marines de Polynésie française

BP 1374 Papetoai 98729 MOOREA

Tel : 56 40 11 – 71 53 44

Suivre les pontes de tortues marines requiert certains critères :

- Etre disponible au moins 2 demi-journées par mois
- Pouvoir accéder facilement à des plages où sont observées des pontes
- Avoir une bonne forme physique
- Posséder un GPS, un mètre ruban et un carnet de notes

4. Comment se préparer pour réaliser un suivi ?

Les conditions de suivi peuvent être difficiles (présence de *beachrock*, réverbération et chaleur importante, fortes concentrations de moustiques), préparez-vous bien !

La préparation du matériel est une étape importante. Voici une liste du matériel conseillé à emmener dans votre sac à dos :

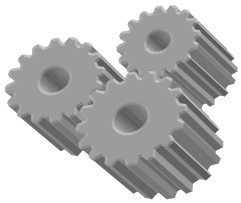
- Bonnes chaussures de marche
- Pour la protection solaire : tee-shirts manches longues ou lycra, chapeau ou casquette, lunettes de soleil, crème solaire.
- Produit anti-moustique
- Matériel de prise de notes : carnet, crayon, taille-crayon, gomme
- GPS et piles de rechange
- Mètre ruban

5. Où et quand dois-je faire les suivis ?

Deux types de suivis peuvent être réalisés : des **suivis diurnes** (pendant la journée) et des **suivis nocturnes** (pendant la nuit). Il est conseillé d'accomplir les suivis sur des plages faciles d'accès, où l'observation des traces est simple et où vous pouvez vous rendre régulièrement.

Une distance continue de **2 km de plage** minimum est recommandée pour les suivis. Cette distance doit être parcourue **2 fois par semaine si possible** (au minimum 2 fois par mois). Plusieurs plages peuvent être surveillées au cours de la même saison de ponte.

Si aucune trace n'a été observée ou que le suivi a dû être interrompu, il est également important de signaler ces informations. En effet, même l'absence d'information sur les plages suivies est intéressante et doit être communiquée.



Lieu de suivi : Plage facilement accessible
Période de suivi : SEPTEMBRE A AVRIL (saison de ponte)
Fréquence de suivi : 2 fois / mois minimum

6. Le suivi des sites de pontes : comment faire ?

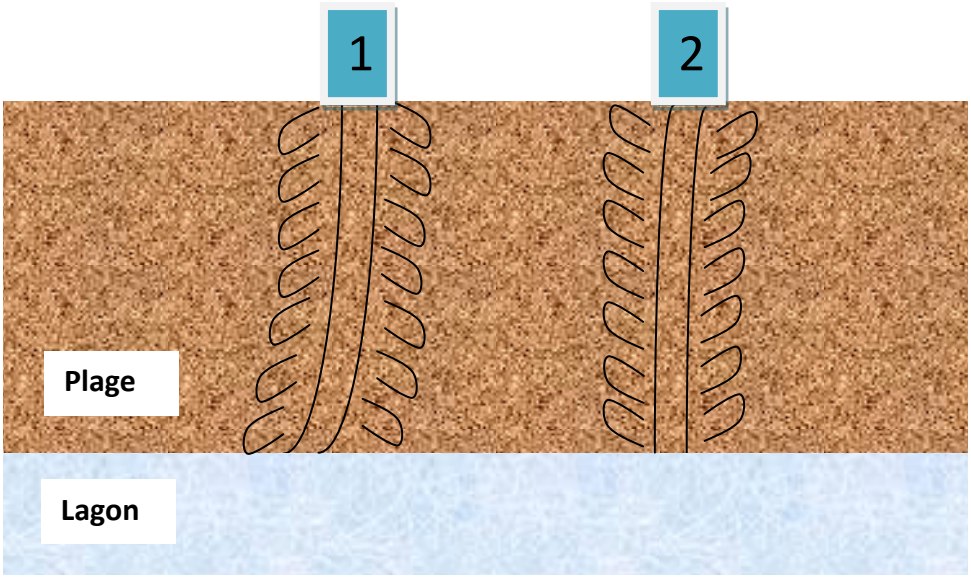
Les équipes de terrain réalisent les suivis en avançant sur la plage et en cherchant les traces d'un passage de tortue (sable retourné, nid, *etc.*). Il est conseillé de faire le suivi à deux (même si une personne peut suffire) pour ne pas rater les traces. En effet, la première (ou l'unique) personne se déplace au niveau de la limite de la végétation en se concentrant donc sur la partie haute de la plage et la deuxième marche sur les niveaux bas de la plage (à proximité de l'eau).

Les traces :

Comparables aux marques d'une roue de tracteur, elles font environ 80 cm à 1m20 de large. Elles sont plus ou moins visibles en fonction du type de sable, des conditions météorologiques et de la largeur de la plage. Ouvrez l'œil ! Pour ne pas rater de trace, il est conseillé de réaliser les suivis plutôt en matinée ou durant les premières heures de l'après-midi.

Les nids :

Surfaces de sable récemment remuées indiquant qu'une tortue a creusé. Les nids ne sont pas forcément accompagnés de traces puisque celles-ci peuvent-être effacées par la pluie, le vent ou encore la marée. Il peut donc être difficile d'estimer la date à laquelle le nid a été creusé.



1 Trace montante

2 Trace descendante

6.1. Que dois-je faire lors de la découverte d'une trace ou d'un nid ?

Lorsqu'une trace ou un nid est découvert, il est important de suivre les étapes présentées ci-dessous.

Je donne un numéro à cette trace:

Après avoir vérifié que je n'avais pas déjà vu cette trace lors de mes précédents suivis, je donne un numéro à cette trace (par exemple, Trace N°16 car c'est la 16ème trace de la saison).

ATTENTION : Il peut y avoir plusieurs nids par trace. Il ne faut alors noter qu'un seul numéro.

Je retrace le parcours de la tortue :

Afin de comprendre le chemin parcouru par la tortue, il faut observer la trace et déterminer quelle partie correspond à la montée ou à la descente de la tortue. Si un nid a été creusé, il faut localiser l'emplacement avec précision. On peut alors déterminer la nature de la trace (trace seule, trace + nid, nid seul).

Je prends des photos

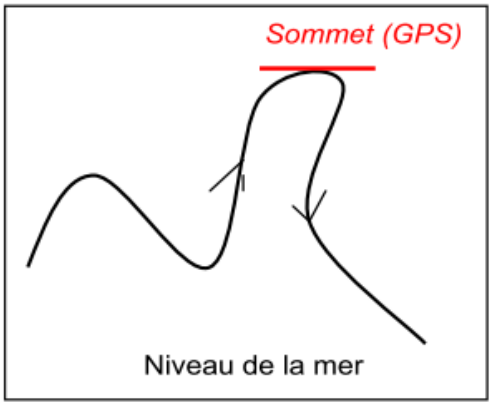
Avant de commencer, je prends en photo le numéro de la trace (afin de ne pas mélanger les photos des différentes traces entre elles).
Puis je prends en photo la trace montante et descendante, le ou les nids. Enfin, je prends également les photos des alentours (lagon, plage, végétation, prédateurs).

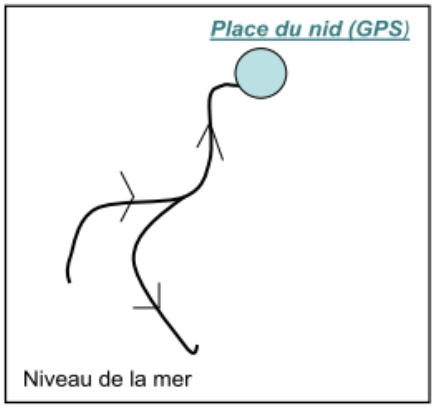
Numéro de la trace inscrit dans le sable pour l'identification des photos

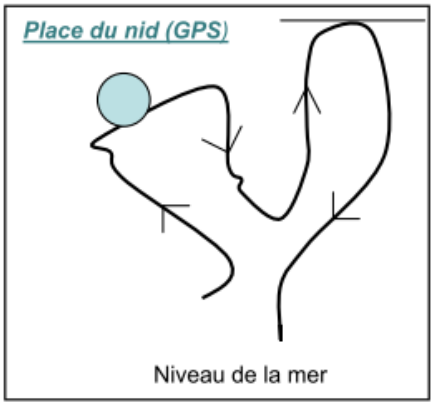
Je prends les coordonnées GPS

Selon que la tortue soit simplement montée sur la plage ou qu'elle ait creusé un nid, les coordonnées GPS de la trace seront prises différemment :

- S'il s'agit d'une trace seule, elles sont prises au point le plus haut de la trace.
- Si une zone du sol a été creusée, on l'identifie alors comme un nid. Ce sont les coordonnées GPS de ce nid qui sont prises, même s'il ne correspond pas au point le plus élevé de la trace.
- Si il y a plusieurs nids sur une même trace, on prendra les coordonnées GPS sur le nid le plus proche de la trace descendante.

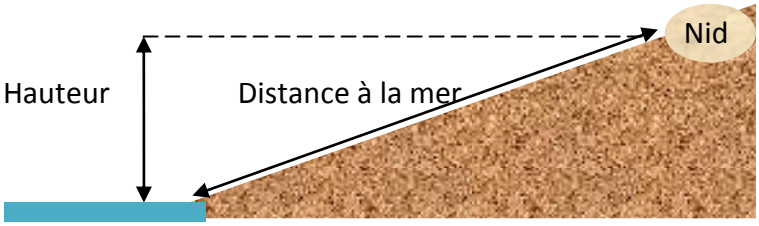


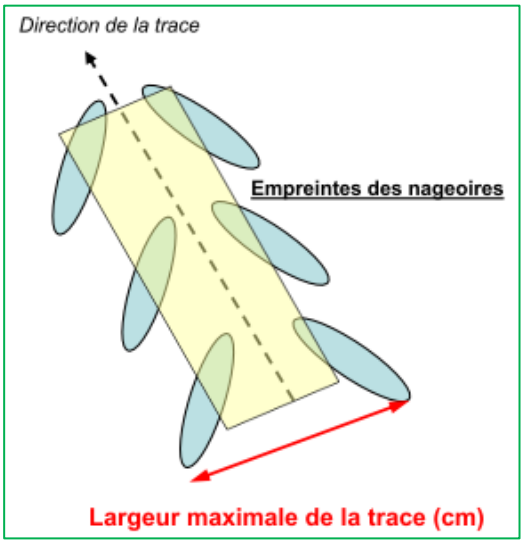




Je mesure les différents paramètres de la trace

À l'aide d'un mètre ruban, on mesure (en cm) la largeur maximale de la trace. De plus, la hauteur et la distance du nid ou du sommet de la trace à la mer sont évaluées (en m). La largeur du nid est également mesurée là où elle est la plus grande.





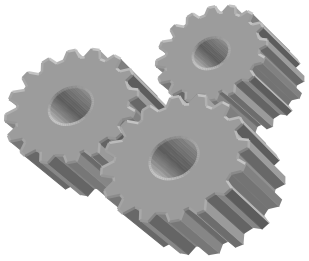
Je remplis une fiche de suivi

Des fiches de suivi sont disponibles à la fin de ce document. Imprimez-les avant de partir ou recopiez les informations à relever sur votre carnet de notes.

Je marque le ou les nids

Lorsque vous terminez l'observation d'un nid, il faut le marquer en plantant à proximité un piquet de bois numéroté pour pouvoir le retrouver par la suite.

6.2. Comment être efficace sur le terrain ?



Réalisez un petit calendrier où vous noterez la date de vos passages et de vos découvertes. Mis à jour régulièrement, il vous permettra d'estimer avec précision l'ancienneté des traces lors des suivis.

Respectez l'ordre des étapes afin de ne perdre aucune donnée. Rangez précieusement ou recopiez vos fiches une fois le suivi terminé.

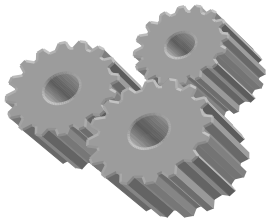
6.3 Après la mission, que faire des données récoltées ?

Pour que votre suivi prenne un sens, il est indispensable de communiquer ces données aux autorités compétentes et aux structures scientifiques locales (voir coordonnées à la fin du livret). Vos résultats seront alors intégrés à la base de données de l'Observatoire des tortues marines de Polynésie française et feront l'objet de rapports détaillés.

7. Les cas particuliers

Les œufs du nid ont-il éclos?

La période d'incubation des œufs chez les tortues vertes dure entre 49 et 72 jours en fonction de la plage, de la période de l'année et des conditions climatiques. Cela permet d'estimer la période à laquelle les bébés vont sortir du nid. Vous pouvez surveiller les nids que vous aurez trouvé durant les suivis précédents dans l'espoir d'observer des émergentes.



Lorsque les œufs ont éclos, il se forme la plupart du temps une sorte de cuvette (de la taille d'une coupelle de tasse à café) à la surface du nid. En sortant du nid, les émergentes ont libéré de la place dans le nid et le sable s'est effondré sur lui-même.

Que faire si je vois des émergentes ?

Si celles-ci semblent vigoureuses, ne les dérangez pas et laissez regagner le lagon en toute tranquillité. Vous pouvez cependant les accompagner pour limiter la prédation par les oiseaux et les crabes.

Si celles-ci sont faibles et semblent incapables de se débrouiller seules, appelez alors la Direction de l'Environnement de Polynésie française ou la Clinique des tortues de Moorea.

Les suivis de nuit : Observer une ponte de tortue

Les tortues vertes pondent pendant la nuit pour éviter la déshydratation due aux fortes chaleurs de la journée. Des surveillances de nuit peuvent être effectuées dans les zones importantes de ponte pour observer des tortues pondant sur la plage.

- Marcher le long de la plage sélectionnée à intervalles de 2h. Utiliser une lampe de faible intensité ou, encore mieux, une lumière rouge pour déranger le moins possible les tortues.
- Lorsqu'une tortue est repérée, éteindre la lumière pour ne pas déranger la tortue. Essayer de la repérer en écoutant ou en tamisant la lampe à l'aide de la main.
- Si la tortue ne pond pas encore, attendre un peu plus loin qu'elle ait commencé à pondre avant de s'approcher et d'entamer la prise de notes (on peut alors rallumer la lampe en évitant de la diriger vers la tête de la tortue).
- Noter les signes distinctifs qu'ils observent (bagues sur les nageoires avant, écailles arrachées, blessures). Si la tortue est baguée, le numéro des bagues et l'endroit où elles se trouvent est alors relevé.
- Prendre des photographies (1 ou 2 par tortue pour limiter le dérangement) lorsque la tortue pond ses œufs ou qu'elle repart vers l'océan (les flashs ne doivent pas être dirigés vers la tête).
- Une fois l'observation terminée, s'éloigner avec la lumière éteinte afin de laisser la tortue terminer de pondre et reboucher son nid.

Fiche de suivi n° …..

1. Nom et coordonnées des observateurs: ……
2. Date d'observation : ……..
3. Nom de l'île et du motu : ……

4. Type d'observation: Traces seules ☐ Traces + Nid ☐ Traces + Nid + trace cloaque ☐ Nid seul ☐

Informations relatives au terrain (si plusieurs nids par trace, écrire dans les colonnes)

	Nid 1	Nid 2	Nid 3	Nid 4	Nid 5
Type de sable en surface :Fin (f), Moyen (m) ,Grossier (g)					
Couleur du substrat en surface Clair (c) Mélangé (m) Grisâtre (g)					
Végétation environnante Débris Végétaux (d) Racines (r) Arbustes (<2m) (a) Arbres (>2m) (A)					
Densité de la végétation : Peu dense (p) Modéré (m) Dense (d)					
Ensoleillement moyen journalier du nid : A l'ombre ☐ Exposé ☐ Très Exposé ☐					
Accessibilité à la mer pour les juvéniles: Facile ☐ Possible ☐ Difficile ☐					

Informations relatives aux traces et nid:

a) Type de tracé (schéma) :

b) Largeur de la trace (cm): ……..

	Nid 1	Nid 2	Nid 3	Nid 4	Nid 5
Hauteur du nid à la mer (m)					
Distance du nid à la mer (m)					

Fraîcheur de la trace : Récente ☐ Partiellement Effacée ☐ Effacée ☐

➔ ***Date estimée de la trace (nid)*** : ……. /…….. /……..

Coordonnées GPS au niveau du dernier nid : ……..

(si nid détecté : point GPS du nid ; sinon prendre point GPS au sommet de la trace)*

Diamètre du nid (cm) :

Nid 1	Nid 2	Nid 3	Nid 4	Nid 5

Informations complémentaires (prédation possible, autres) :

……

……

……

Contacts :

Association Te mana o te moana

Clinique des Tortues de Moorea

Observatoire des tortues marines de Polynésie française

BP 1374 Papetoai 98729 MOOREA

Tel : (689) 56 40 11

Vini : (689) 71 53 44

e-mail : temanaotemoana@mail.pf

www.temanaotemoana.pf

Direction de l'environnement de Polynésie française

Quartier de la Mission – Colline de PUITIAORO

BP 4562 98713 PAPEETE TAHITI

Tel :(689) 47 66 66

Fax :(689) 41 92 52

e-mail : direction.env@environnement.gov.pf

www. environnement.pf

Annexe 2 : évaluation de la technique de *manta tow* appliquée au suivi en mer des tortues marines

La version disponible ci-dessous est une version intermédiaire qui sera complétée par les résultats obtenus au cours de la troisième période de récolte des données (avril - juin 2011).

La technique de *manta tow* appliquée au suivi des tortues marines

Introduction

Dans le cadre du double programme de recherche sur les tortues de mer dans l'archipel de la Société (Polynésie française) mené par l'association Te mana o te moana, la technique de *manta tow* est utilisée pour effectuer le suivi en mer des tortues marines. Au cours de ce programme, six îles (Bora Bora, Maiao, Maupiti, Moorea, Tetiaroa et Tupai) sont échantillonnées à trois période de l'année (novembre – janvier-avril).

La technique de *manta tow* a été utilisée pour la première fois en 1969 afin d'estimer la densité d'*Acanthaster plancii* peuplant les récifs coralliens de Micronésie (Miller *et al*., 2009). Par la suite de nombreux programmes de surveillance des récifs coralliens ont eu recourt à cette technique qui s'est avérée être particulièrement adaptée pour le suivi de l'état de santé des récifs à grande échelle (Miller and De'ath, 1996 ; English *et al.*, 1994). Elle est d'ailleurs utilisée et recommandée pour cela par le GCRMN (réseau global de surveillance des récifs coralliens). Toutefois, elle a rarement été utilisée pour effectuer le suivi d'organismes marins plus mobiles. Richards *et al.* sont les premiers à avoir employé cette technique afin d'évaluer les stocks de poissons de grande taille présents dans les récifs du Pacifique (Richards *et al.*, 2011).

L'avantage principal du *manta tow* est qu'il permet à de vastes zones d'être examinées rapidement et avec un équipement minimal (English *et al.*, 1994 ; Miller *et al.*, 2009). De plus, cette méthode exige peu d'appui technique, la rendant utile pour des endroits isolés (Kenyon, 2006). Elle permet donc d'estimer facilement des abondances relatives qui peuvent se révéler être d'une grande utilité afin de déterminer la répartition des individus dans l'espace et le temps (Richards *et al.*, 2011).

Cette technique s'applique bien aux espèces de grande taille. En effet, celles-ci ont généralement une large aire de répartition avec une distribution éparse et une faible densité qui les rend relativement rares (Richard *et al*., 2011). La capacité du *manta tow* à parcourir de vastes espaces en un temps relativement court permet donc de repérer plus efficacement ces espèces généralement mobiles et d'estimer une densité de population plus proche de la réalité que les méthodes classiques (English *et al.*, 1994).

L'acquisition des connaissances nécessaire à la pratique du *manta tow* est aisée et rapide (voir annexe 3) et quelques séances d'entrainement permettent aux plongeurs inexpérimentés d'améliorer significativement la précision de leurs observations. En effet, les informations relevées par des plongeurs ayant des degrés d'expériences différents divergent peu après ces séances d'entrainement (Miller and De'ath, 1996).

Autre avantage de cette technique, elle permet la prise d'informations telles que l'espèce, le sexe (définissable uniquement chez les individus matures), la taille, *etc.* de l'individu observé. Ces informations ne sont pas relevables lors de suivi aériens ou avec un moyen de transport trop rapide (Roos, 2005). De plus, les plongeurs sont rarement dépassés par la situation, facilitant la récolte des données (Richards *et al.*, 2011).

La technique de *manta tow* est plus robuste face aux conditions environnementales défavorables que les suivis par transects linéaires (Richards *et al.*, 2011). En effet, l'avancée du plongeur n'est pas affectée par les vagues ou le courant fort puisqu'il est tracté par le bateau. Cela rend cette méthode moins fatigante pour le plongeur (English *et al.*, 1994).

Cette technique n'a jamais été appliquée précédemment dans le cadre de recherches sur les tortues marines. Les avantages et inconvénients de cette méthode sont présentés ici pour déterminer si elle peut être considérée comme un outil fiable et

pérenne pour l'étude des tortues marines en milieu marin.

Matériel et méthode

Présentation détaillée de la méthode utilisée

La technique de *manta tow* fait intervenir 4 personnes minimum:

- Deux plongeurs en snorkelling devant répertorier les individus se trouvant dans leur champ de vision.
- Un observateur (ou plus) sur le bateau chargé de recueillir les coordonnées GPS à temps fixe, de relever les observations effectuées par les plongeurs et d'observer les tortues présentes en surface.
- Le pilote conduisant l'embarcation selon les directives du protocole et des plongeurs.

Les plongeurs sont tractés par le bateau à une vitesse constante et basse (2-3 nœuds) suivant un trajet parallèle à la crête récifale (Fig. 1) (English *et al.*, 1994). Une distance constante de 2,5 m est maintenue entre les deux plongeurs qui évoluent donc en parallèle sur des fonds de 15 m de profondeur en moyenne. Les cordes reliant les *manta board* au bateau mesurent 19 et 22 m. Les plongeurs communiquent régulièrement par signes avec l'observateur afin de maintenir de bonnes conditions d'échantillonnage (vitesse, profondeur, *etc.*)

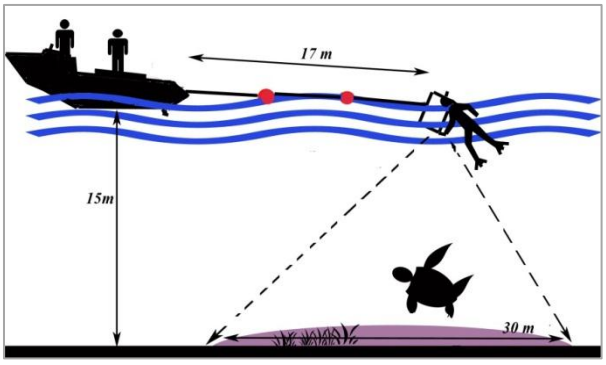


Figure 1 : schéma représentant la technique de *Manta tow*

Lorsqu'une tortue est repérée par les plongeurs, le bateau est stoppé et le chronomètre arrêté. La position GPS de l'individu est relevée par l'observateur. Les plongeurs déterminent l'espèce, la taille, la profondeur à laquelle elle a été observée initialement et d'autres caractéristiques générales (signes distinctifs, sexe, *etc.*). Les données recueillies sont transmises à l'observateur en surface avant la reprise de l'échantillonnage. Lorsque les conditions sont optimales, la tortue est capturée (à mains nues par un plongeur en apnée) pour être baguée (nageoire antérieure), photographiée (plastron, dossière, vue latérale), mesurée (CCL) et prélevée (nageoire postérieure) (voir Annexe 1).

La durée moyenne d'une session est de 44 minutes, ensuite un changement de poste s'opère entre les plongeurs et les observateurs. Les sessions sont divisées en transect de 4 minutes.

L'observateur est responsable de la gestion du chronomètre et de la prise des coordonnées GPS à la fin de chaque transect et à chaque observation. Il est également chargé de scruter les alentours pour détecter la présence éventuelle de tortues en surface et de relever leur espèce, leur taille et les observations générales à l'aide de jumelles.

Le pilote doit maintenir une vitesse constante et diriger son embarcation selon les indications des plongeurs. Il participe également à l'observation en surface de tortues et peut accessoirement aider l'observateur dans l'estimation de la taille et la détermination de l'espèce.

Précisons que le point de départ du suivi doit être facilement identifiable afin de faciliter le géoréférencement de ce point (extrémité nord du parcourt, au niveau de la passe la plus importante du récif, *etc.*) (Miller *et al.*, 2009). Ceci est particulièrement important lorsque des suivis multiples de la zone sont prévus. Il faut également effectuer le tour de l'île dans un même sens afin de pouvoir réaliser des comparaisons entre les différents suivis (English *et al.*, 1994).

Analyse des résultats

La recherche d'un biais attribué à la « compétence » des plongeurs et des observateurs a été réalisée en comparant les taux d'observation des plongeurs puis des observateurs (test de Kruskal-Wallis). Afin de s'affranchir de la variabilité inter-îles, le même test a été effectué pour comparer les taux d'observation au sein des six îles visitées.

Pour tester l'amélioration des capacités d'observation du personnel au cours du temps, des tests de comparaison (tests de Mann-whitney) entre les trois périodes de suivis ont été effectués. L'utilisation des tests de comparaison (Kruskal-Wallis) ont également permis de tester l'effet de la vitesse de l'embarcation, les catégories horaires de début de session ont démarré ainsi que les conditions météorologiques qui peuvent présenter des biais importants à la méthode. Des Analyses factorielles des correspondances (AFC) ont été réalisées afin de déterminer si les différentes conditions météorologiques, les horaires de début de session ou la vitesse de l'embarcation sont corrélées aux îles.

Précisons qu'au cours des échantillonnages de novembre et janvier, 12 plongeurs, 15 observateurs en surface et 4 pilotes ont participés aux suivis en mer. Seules les personnes ayant réalisé cinq sessions au minimum par type d'activité sont prises en compte dans les tests statistiques, soit 7 plongeurs, 9 observateurs et 3 pilotes.

Notons également que les tests sont réalisés sans distinguer les espèces de tortues entre elles.

Le logiciel utilisé pour réaliser les différents tests statistique est XLSTAT (version 2011.1.05).

Résultats

Comparaison entre les îles

Une différence significative existe entre les taux d'observation des différentes îles (test de Kruskal-Wallis : p-val < 0.0001). L'île 4 présente en effet un taux d'observation nettement plus important que les îles 2, 3 et 6 (Tabl. 1).

Un test de Mann-Whitney a été réalisé, pour chacune des six îles, afin de déterminer si une différence significative existe entre les taux d'observations des périodes de novembre-décembre et janvier-février.

Aucune des p-valeurs n'étant inférieure à 0,05, Il n'y a pas de différence significatives entre les deux périodes pour chacune des îles (île 1 : p-val = 0.686 ; île 2 : p-val = 0.739 ; île 3 : p-val = 0.752 ; île 4 : p-val = 0.355 ; île 5 : p-val = 0.557 ; île 6 : p-val = 0 0.321) (Fig. 2).

Comparaison entre les plongeurs

Le nombre total de tortues observées par plongeurs varie entre 4 et 124 individus (tableau 2). Le taux d'observation général (toutes sessions comprises) varie entre 0,02 ± 0,03 et 0,19 ± 0,13. Ces taux sont calculés en fonction des sessions réalisés par chacun des plongeurs, toutes îles confondues.

Notons que le total des tortues observées (tableau 2) correspond au double du total obtenu dans le tableau 1 (puisque chaque individu observé est attribué à deux plongeurs différents) moins les observations des plongeurs ayant réalisés moins de cinq sessions.

On constate que les plongeurs ayant le taux d'observation le plus élevé sont Louis Maatoa (0,20 ± 0.27), Trevor Orth (0,19 ± 0,13) et Raimeho Buillard (0,16 ± 0,25).

îles	Tortues observées			Total général	Taux d'observation			Taux d'observation général
	nov-déc	Janv-fév	Avr-mai		nov-déc	Janv-fév	Avr-mai	
Île 1	12	11		23	0,09 ± 0,11	0,08 ± 0,13		0,08 ± 0,12
Île 2	3	2		5	0,06 ± 0,08	0,04 ± 0,08		0,05 ± 0,08
Île 3	2	1		3	0,03 ± 0,04	0,02 ± 0,04		0,02 ± 0,04
Île 4	58	66		124	0,35 ± 0,41	0,39 ±0,3		0,37 ± 0,35
Île 5	9	13		22	0,11 ± 0,07	0,16 ± 0,14		0,14 ± 0,11
Île 6	6	2		8	0,07 ± 0,08	0,03 ± 0,04		0,05 ± 0,07
Total	90	95		185	/	/		/

Tableau 1 : Observations de tortues marines dans les îles échantillonnées (novembre et décembre 2010 – janvier et février 2011).

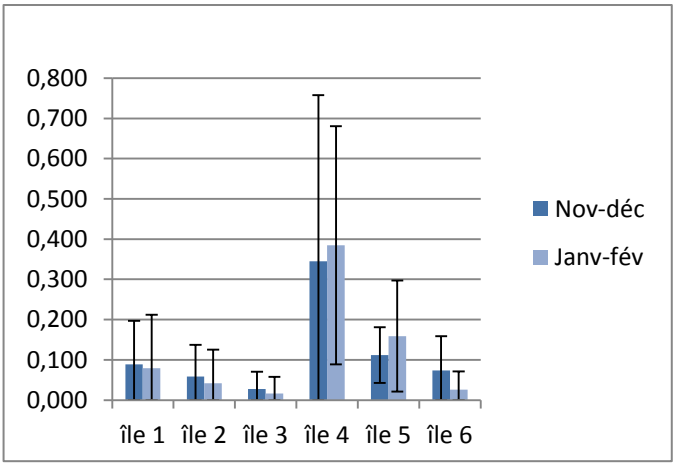


Figure 2 : Comparaison des taux d'observation entre les périodes d'échantillonnage (novembre et décembre 2010 – janvier et février 2011) pour chacune des îles.

Les taux d'observation des plongeurs (toutes îles et toutes périodes confondues) sont significativement différents (Kruskal-Wallis, p-val = 0.001). Cazimire Rochette et Vetea Teahu présentent un taux d'observation plus faible que Louis Maatao, Trevor Orth et Raimeho Buillard.

Aucune différence significative entre la période de novembre-décembre et janvier-février (Mann-Withney, Annexe 2) n'existe pour les taux d'observation individuels des plongeurs (Trevor Orth n'a pas effectué de suivi en novembre-décembre) (Fig. 3).

Comparaison entre les observateurs

Le nombre total d'individus vus en surface varie entre 0 et 22 par observateurs (Tabl. 3). Le taux d'observation général (toutes sessions comprises) varie entre 0 et 0,16 ± 0,15.

Les taux d'observations générales des observateurs diffèrent significativement (Kruskal-Wallis : p-val = 0.017). En effet, Mauarii Tetiaiteroi et Pascal X ont un taux d'observation plus important que Magali Soria, Anthony Lagant et Vetea Teahu.

À nouveau, aucune différence significative entre les périodes de novembre-décembre et janvier-février (Mann-Withney, annexe 2) n'est révélée pour les taux d'observation individuels des observateurs, à l'exception de Cazimire Rochette qui présente un taux d'observation significativement plus important pour novembre-décembre (Mann-Whitney : p-val = 0.048). Les taux d'observation des autres observateurs ne sont pas significativement différents d'une période à l'autre (Fig. 4).

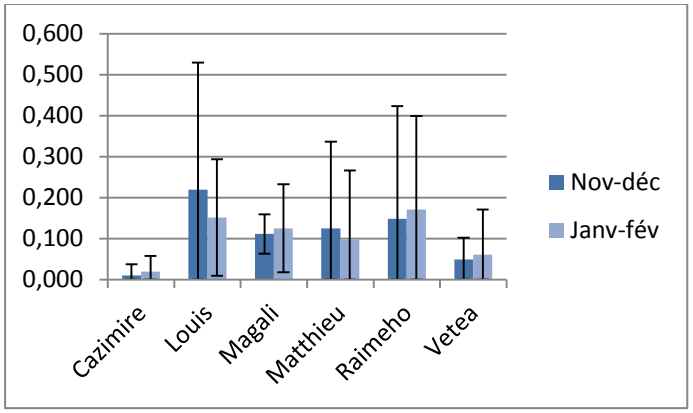


Figure 3 : Comparaison des taux d'observation individuels entre les périodes d'échantillonnage.

plongeurs	Tortues observées			Total général	taux d'observation			Taux d'observation général
	nov-déc	Janv-fév	Avr-mai		nov-déc	Janv-fév	Avr-mai	
Cazimire	2	2		4	0,01 ± 0,03	0,02 ± 0,04		0,02 ± 0,03
Louis	38	13		51	0,22 ± 0,31	0,15 ± 0,14		0,2 ± 0,27
Magali	4	6		10	0,11 ± 0,05	0,13 ± 0,11		0,12 ± 0,08
Matthieu	51	42		93	0,12 ± 0,21	0,10 ± 0,17		0,11 ± 0,19
Raimeho	60	64		124	0,15 ± 0,27	0,17 ± 0,23		0,16 ± 0,25
Trevor	16	12		28	/	0,19 ± 0,13		0,19 ± 0,13
Vetea	0	13		13	0,05 ± 0,05	0,06 ± 0,11		0,05 ± 0,08
Total	171	152		323	/	/		/

Tableau 2 : Nombres de tortues observées par plongeurs et leur taux d'observation moyen.

observateurs surface	Tortues observées			Total général	Taux d'observation			Taux d'observation général
	nov-déc	Janv-fév	Avr-mai		nov-déc	Janv-fév	Avr-mai	
Anthony	0	1		1	/	0,01 ± 0,02		0,01 ± 0,02
Caroline	5	0		5	0,04 ± 0,09	/		0,04 ± 0,09
Louis	2	1		3	0,03 ± 0,06	0,02 ± 0,04		0,03 ± 0,05
Magalie	0	0		0	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00		0,0 ± 0,00
Matthieu	9	7		16	0,04 ± 0,08	0,03 ± 0,08		0,0 ± 0,08
Mauarii	0	10		10	/	0,02 ± 0,02		0,16 ± 0,15
Raimeho	8	6		14	0,03 ± 0,05	0,02 ± 0,06		0,02 ± 0,05
Sophie	0	10		10	/	0,02 ± 0,01		0,10 ± 0,16
Tamahere	0	15		15	/	0,02 ± 0,01		0,08 ± 0,13
Pilote								
Auguste	5	17		22	0,02 ± 0,06	0,05 ± 0,11		0,04 ± 0,09
Cazimire	7	1		8	0, 04 ± 0,06	0,01 ± 0,02		0,03 ± 0,05
Vetea	1	1		2	0,01 ± 0,03	0,01 ± 0,03		0,01 ± 0,03
Total général	37	69		106	/	/		/

Tableau 3 : Nombres de tortues observées en surface par observateur ou par pilote et leur taux d'observation.

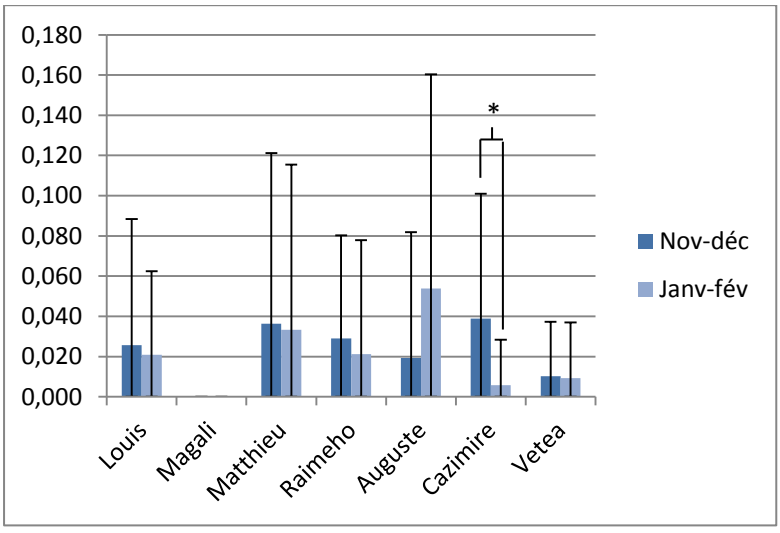


Figure 4: Comparaison des taux d'observation individuels entre les périodes d'échantillonnage. La différence significative chez Cazimire est symbolisée par « * ».

Comparaison entre plongeurs au sein des îles

Aucune différence significative n'existe entre les plongeurs ou entre les observateurs au sein d'une même île (tabl. 4).

Influence de la vitesse des embarcations

Les taux d'observations sont significativement différents en fonction de la vitesse de l'embarcation (Kruskal-Wallis, p-val < 0.0001).

En effet, on observe proportionnellement plus de tortues pour les vitesses correspondant à 2,7 ; 2,9 et 3 nœuds (Fig. 5). Ces vitesses correspondent à Pascal X (2,7 nœuds) et Auguste Leehen (2,9 et 3 nœuds).

Des corrélations existent entre les vitesses de l'embarcation et les îles (AFC, F1 et F2 représentent 97.05 % de l'inertie totale). Les îles 1, 3 et 6 sont fortement corrélées avec la vitesse de 2,5 nœuds et les îles 4 et 5 sont corrélées à des vitesses de 2,7 et 2,9 nœuds. Ainsi la variabilité inter-île peut avoir une forte influence sur la distribution des observations en fonction de la vitesse.

	Île 1	Île 2	Île 3	Île 4	Île 5	Île 6
Plongeurs	0.424	0,742	0,354	0.930	0.752	0.234
Observateurs	0.477	/	/	0.188	/	0.126[1]

Tableau 4 : p-valeurs des tests de Kruskal-Wallis sur les taux d'observations des six îles. [1] : p-valeur obtenue suite à un test de Mann-Withney (seulement deux observateurs). / : aucune tortue n'a été observée.

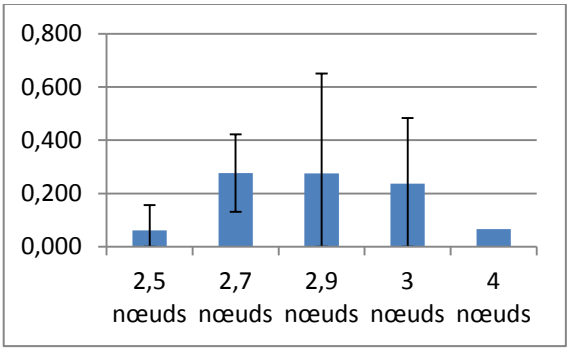


Figure 5 : Taux d'observation général des différentes vitesses de l'embarcation. Une seule session ayant été réalisé à 4 nœuds, il n'y a pas d'écart-type pour cette catégorie.

Influence de l'heure de début des sessions

Il n'existe pas de différence significative entre les taux d'observation correspondant aux différentes catégories horaires de début de session (Kruskal-Wallis, p-val = 0.471) (Fig. 6).

Influence des conditions météorologiques

Le vent

Il existe une différence significative entre les taux d'observations correspondants aux quatre catégories de vents observés au cours des suivis (Kruskal-Wallis, p-val = 0.004) (Fig. 7).

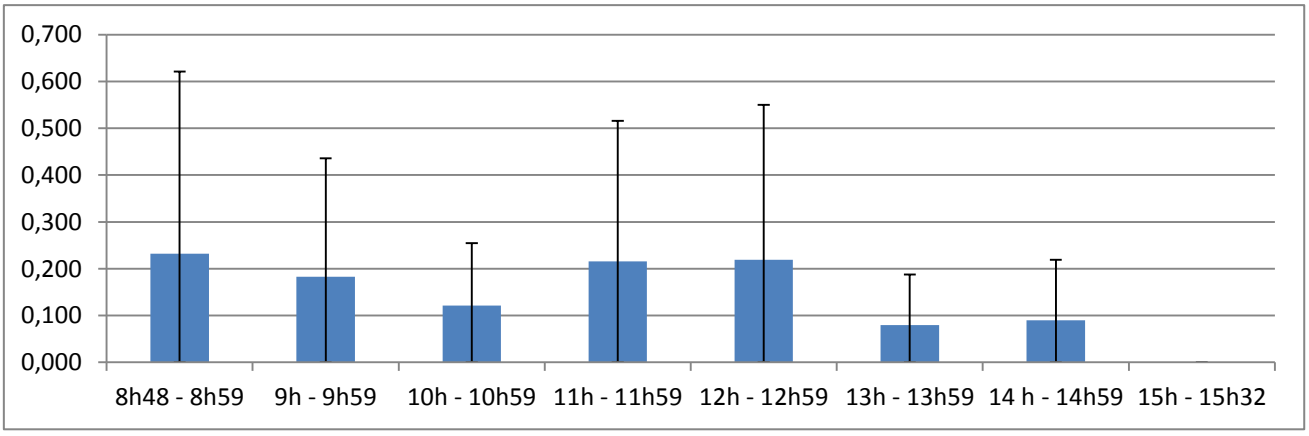


Figure 6 : Taux d'observation général des différentes catégories d'heures auxquelles les sessions ont débuté

.

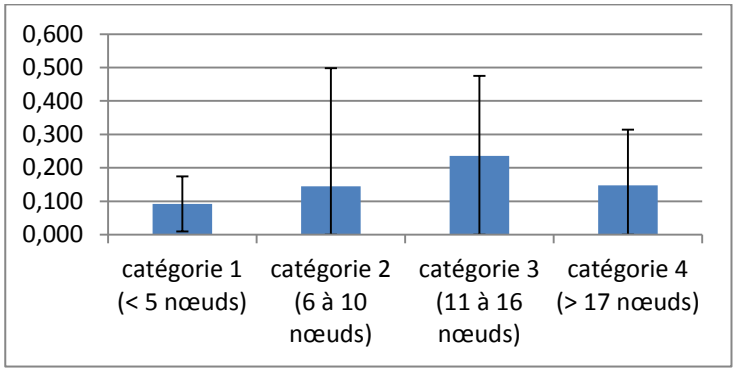


Figure 7 : Taux d'observation général des différentes catégories de vent.

Des corrélations existent entre les catégories de vents et les îles (AFC, F1 et F2 représentent 81,98 % de l'inertie totale). L'île 3 est corrélée à la catégorie de vent 4, les îles 4 et 5 sont corrélées aux catégories de vent 1 et 3 et les îles 1, 2 et 6 sont corrélées à la catégorie de vent 2. Ainsi la variabilité inter-île peut avoir une forte influence sur la distribution des observations en foctions des conditions de vent.

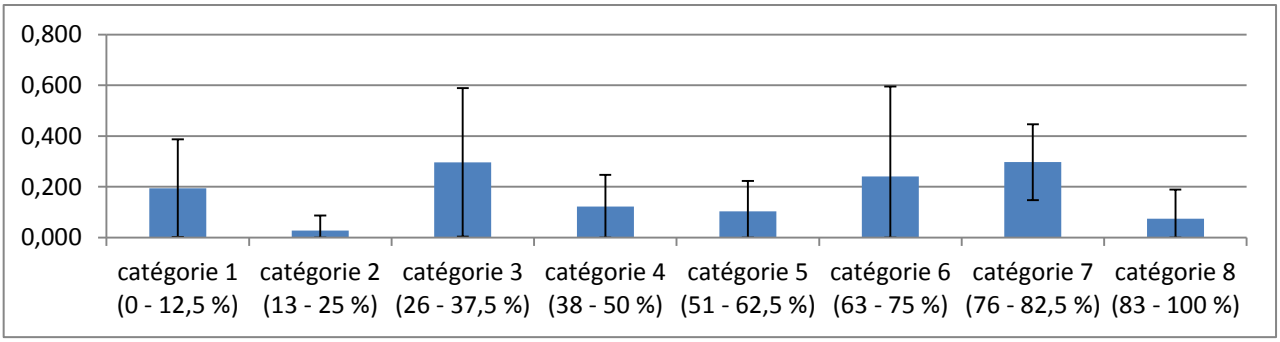

0,800
0,600
0,400
0,200
0,000
catégorie 1 (0 - 12,5 %)
catégorie 2 (13 - 25 %)
catégorie 3 (26 - 37,5 %)
catégorie 4 (38 - 50 %)
catégorie 5 (51 - 62,5 %)
catégorie 6 (63 - 75 %)
catégorie 7 (76 - 82,5 %)
catégorie 8 (83 - 100 %)

Figure 8 : Taux d'observation générale des différentes catégories de couverture nuageuse

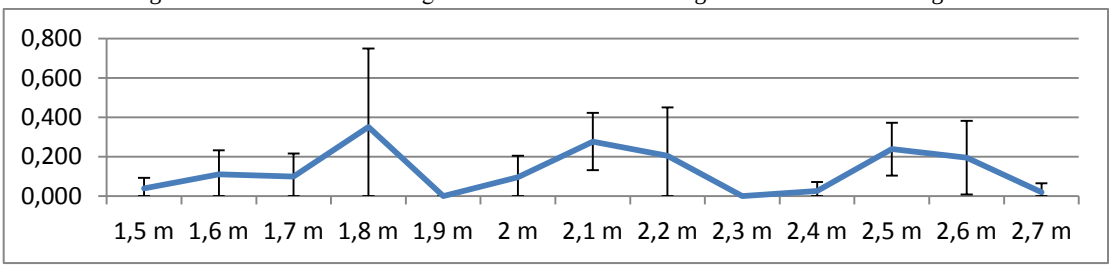


Figure 9 : Taux d'observation générale des différentes amplitudes des vagues (m)

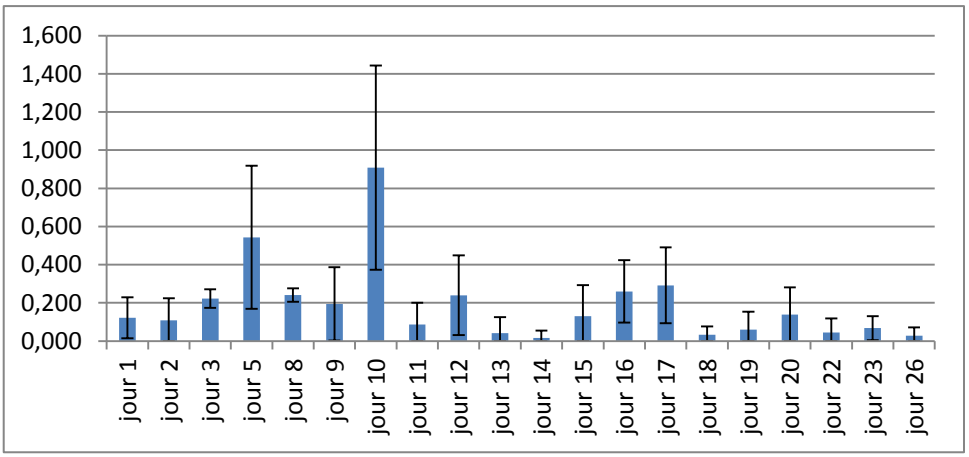


Figure 10 : Taux d'observation général des différents jours du cycle lunaire..

La couverture nuageuse

Les taux d'observation générale des catégories de couverture nuageuse diffèrent significativement les unes des autres (Kruskal-Wallis : p-val = 0.001) (Fig 8).

Des corrélations existent entre les catégories de couvertures nuageuses et les îles (AFC, F1 et F2 représentent 86,78 % de l'inertie totale). L'île 2 et la catégorie 2 sont en effet corrélées ainsi que l'île 6 et la catégorie 5 et l'île 1 et la catégorie 4. Ainsi, la variabilité inter-île peut avoir une forte influence sur la distribution des observations en fonctions des conditions de couverture nuageuse.

La force de la houle

Il existe une différence significative entre les taux d'observations des différentes amplitudes des vagues (Kruskal-Wallis, p-val = 0.007) (Fig. 9).

Des corrélations existent entre les amplitudes de vagues et les différentes îles (AFC, F1 et F2 représentent 54,24 % de l'inertie totale). L'île 3 est corrélée aux amplitudes de 2,8 et 2,7 m, l'île 4 est corrélée aux amplitudes de 1,8 et 2,1 m et l'île 2 est corrélée aux amplitudes de 2,1 et 1,9 m. Ainsi la variabilité inter-île peut avoir une influence sur la distribution des observations en fonction de l'amplitude des vagues.

Le cycle lunaire

Des différences significatives entre les taux d'observations des jours du cycle lunaire existent (Kruskal-Wallis, p-val = 0.000) (Fig. 10).

Des corrélations existent entre les jours lunaires et les différentes îles (AFC, F1 et F2 représentent 46.72). Ainsi, la variabilité inter-île peut avoir une influence sur la distribution des observations en fonction du cycle lunaire.

Discussion

Afin de déterminer si le *manta tow* est une technique fiable pour le suivi des tortues marines, il est essentiel de déterminer les biais qui pourraient lui être liés.

Entrainement et variation au sein des plongeurs et des observateurs

L'apprentissage de la technique est la première contrainte liée au *manta tow*. En effet, un personnel inexpérimenté ne montre pas une précision suffisante pour participer au suivi (Miller and De'ath, 1996). Toutefois comme précisé précédemment, l'entrainement est rapide et efficace. Il faut cependant s'assurer que le personnel soit à l'aise dans le milieu marin et qu'il soit habitué à en faire l'observation. Cela lui permettra de se-concentrer sur le suivi (Miller *et al.*, 2009 ; Richards *et al.*, 2011).

Toutes les personnes ayant participé aux suivis (que ce soit en tant que plongeur et/ou observateur) ont suivi une formation préalable et ne sont donc plus considérées comme inexpérimentées.

En comparant les résultats obtenus toutes îles confondues, on constate toutefois une variation importante entre les taux d'observation des différents plongeurs et entre ceux des différents observateurs. Cependant, lorsqu'on s'affranchit de la variabilité inter-îles et que l'on compare les taux d'observation des plongeurs ou des observateurs au sein d'une même île, aucune différence significative n'est révélée (Tabl. 4). Cela nous indique donc que les différences relevées au niveau des taux d'observation sont expliquées en majeure partie par les différences entre îles qu'il n'y a donc pas de différence significative entre personnes expérimentées et moins expérimentées. Ce résultat correspond à ceux obtenus par Miller et De'ath (1996) lorsqu'ils testèrent l'effet de l'entrainement sur les plongeurs pratiquant le *manta tow*. Les différences observées entre plongeurs et entre observateurs, toutes îles confondues, sont donc dues à la variabilité inter-îles et ne proviennent pas d'un biais dû à l'expérience des personnes ayant réalisés les suivis.

Certaines personnes ont participé aux deux périodes (novembre-décembre et janvier-février) de suivis en mer. Les comparaisons des taux d'observation entre ces deux périodes pour chacun des plongeurs et chacun des observateurs ne révèlent aucune différence significative à l'exception du pilote Cazimire (qui présente un taux d'observation significativement moindre au cours de la période janvier-février). Cela nous indique donc que malgré la pratique du *manta tow*, aucune amélioration n'est perçue dans l'observation d'individus entre ces deux périodes et ce, pour les personnes expérimentées comme pour les moins expérimentées. Les plongeurs et les observateurs restent donc constants dans leur capacité à observer des tortues marines.

Différences liées à la vitesse des embarcations

Bien que l'on préconise de maintenir une vitesse constante entre les suivis en *manta tow*, les conditions environnementales tel que le vent et la houle, rendent cela compliqué. Nous avons toutefois constaté que les taux d'observation sont plus important pour les vitesses de 2,7 ; 2,9 et 3 nœuds.

Cependant, de fortes corrélations entre les vitesses de l'embarcation et les îles ont été constatées. En effet, les îles et les vitesses présentant les taux d'observations les plus faibles correspondent. Les différences significatives observées entre les vitesses peuvent donc être attribuées à la variabilité inter-îles.

Effet des conditions environnementales

Des différences significatives entre les différentes conditions météorologiques ont été observées. Toutefois, des corrélations plus ou moins importantes de ces conditions avec les différentes

îles ont à chaque fois été constatées. À nouveau la variabilité inter-îles semble intervenir dans les différences entre les taux d'observations observées pour le vent, la couverture nuageuse, l'amplitude des vagues et le cycle lunaire. Les différences significatives observées au sein de chaque catégorie pourraient donc être attribuées à la variabilité inter-îles.

Autres biais possibles du Manta tow

La présence de plongeurs dans l'environnement de l'individu observé peu affecter son comportement (Roos *et al.*, 2005). La technique de *manta tow* ne devrait donc pas être appliquée dans le cadre de recherches comportementales. Toutefois, dans le cadre de nos suivis, réalisés afin d'obtenir un indice de la taille des stocks, le comportement de l'individu après le passage du plongeur n'est pas relevé.

La technique de *manta tow* ne permet pas, pour des raisons techniques, d'effectuer un suivi dans des zones peu profondes (< 5 m) et présentant des habitats complexes (Richards *et al.*, 2011). Nos suivis se déroulant sur des fonds se trouvant à 15m de profondeur en moyenne, ces zones peu profondes sont évités.

De plus, cette technique faisant intervenir la vision du plongeur, les suivis ne peuvent être réalisés que de jour et avec une visibilité dans l'eau suffisante (English *et al.*, 1994 ; Richards *et al.*, 2011). Les suivis ont été réalisés de préférences lorsque les conditions étaient optimales (en favorisant une visibilité supérieure à 30m correspondant à deux fois la profondeur moyenne des zones parcourues) et des créneaux horaires strictes (entre 9h et 16h) ont été établis afin d'avoir une visibilité maximale. Il est intéressant de préciser qu'en Polynésie française, la visibilité atteint fréquemment les 40m. Notons toutefois que la visibilité est généralement faible au niveau des passes. Miller *et al.* (2009) recommandent d'arrêter le suivi au début de la passe et de le reprendre une fois arrivé de l'autre côté. Ce conseil a été appliqué et ces zones n'ont donc pas été prospectées.

Cette méthode ne peut être appliquée au suivi d'espèces cryptiques ou abondantes (Miller *et al.*, 2009 ; Richards *et al.*, 2011). En effet, le plongeur risquerait de rater ces individus ou d'être dépassé par une trop forte densité d'organismes (Richards *et al.*, 2011 ; English *et al.*, 1994). Les tortues peuvent adopter un comportement cryptique et sont de ce fait difficilement repérable si elles ne se trouvent pas en pleine eaux ou à proximité du substrat. Notons toutefois que, selon Hazel *et al.* (2009), les tortues vertes (*Chelonia mydas*) passent la plus grande partie de leur temps (entre 89 et 100%) dans les premiers 5 mètres sous la surface dans la zone de nourrissage situé sur la côte est de l'Australie. Les tortues imbriquées (*Eretmochelys imbricata*) passeraient, elles aussi, la plus part de la journée à de faible profondeur dans leur zone de nourrissage aux îles vierges britanniques (Witt *et al.*, 2010). Le comportement de ces espèces en Polynésie française (zone de reproduction pour *C. mydas* et de nourrissage pour *E. imbricata*) n'est cependant pas connu. De plus, il est probable que le comportement adopté par *Chelonia mydas* dans sa zone de reproduction soit différent de celui que cette espèce adopte dans sa zone de nourrissage. La profondeur moyenne à laquelle nous avons observé les individus est de 10,75 ± 6,9 m. cela correspond à une profondeur plus importante que celles relevées par Hazel *et al.* (2009) et Witt *et al.* (2010). Il faut donc apporter une attention particulière aux fonds marins lors des suivis. Notons que la participation de deux plongeurs diminue le risque de ne pas observer les individus.

Pour une reconnaissance optimale des individus, il est préférable de ne pas appliquer la technique de *manta tow* à des espèces de petites tailles (English *et al.*, 1994). Après avoir quitté le nid, les tortues juvéniles passent quelques années en pleine mer. C'est ce qu'on appelle « *the lost years* ». Elles réapparaîtront le long des côtes de leurs zones de nourrissages où elles resteront plusieurs années avant d'entamer leur migration de retour vers les zones de reproduction (Spotila, 2004). À leur arrivée dans leur zone de nourrissage, la taille des juvéniles est déjà importante. En effet, une tortue verte d'un an dépasse les 25 cm de longueur courbe de carapace. Les individus présents en Polynésie française ne sont dès lors

plus considérés comme des individus de petite taille. De plus, la taille minimale des individus que nous avons observés est de 35cm de longueur courbe de carapace et seuls 31 individus sur 185 font moins de 50 cm. Dans ces conditions, la méthode de *manta tow* peut donc être appliquée aux suivis.

Suite aux mauvaises conditions atmosphériques, les suivis réalisés pour l'île 4 durant la période de janvier-février ont été interrompu. Une première partie de l'île a donc été échantillonnée entre le 07/02/11 et le 11/02/11 et le suivi de la seconde partie (la côte nord) a été réalisé le 19/02/11. De telles ruptures dans le suivi devraient être évitées afin de limiter les comptages multiples. En effet, le *manta tow* étant une des nombreuses méthodes pour réaliser un transect, il ne déroge pas à ses biais classiques (*e.g.* comptages multiples). Il est donc important de rappeler que, comme toutes techniques de suivi visuelles, le *manta tow* ne fournit que des mesures relatives et non pas absolues. Selon Richards *et al.* (2011) cela est donc particulièrement vrai pour les espèces de grandes tailles qui, plus mobile, ont davantage de possibilités d'évasion ou d'agrégation spatiale à grande échelle. L'analyse des résultats obtenus par cette technique devra donc tenir compte de cet élément.

Conclusion

La technique de *manta-tow* est une méthode adaptée aux suivis des tortues marines dans certaines conditions. En effet, elle présente de nombreux avantages dont le principal est de permettre de parcourir de grandes surfaces en un temps relativement court. Cet élément est particulièrement important pour le suivi d'espèces de grandes tailles qui adoptent généralement une répartition spatiale à grande échelle et peuvent donc être localement rare.

Les analyses réalisées dans le cadre du programme de recherche actuel indiquent l'absence de biais du aux plongeurs ou aux observateurs. En effet, les personnes ayant participé aux suivis, qu'elles soient expérimentées ou moins expérimentées, obtiennent des résultats semblables au cours des suivis réalisés pour une même île. Nous avons également constaté que les personnes ayant participé aux deux périodes de suivi n'améliorent pas significativement leurs taux d'observation entre la période de novembre-décembre et de janvier-février. Cela nous indique donc que l'apprentissage de la technique est efficace et assure les plongeurs ou les observateurs d'une maîtrise suffisante de la méthode pour participer aux suivis.

Finalement, la plupart des désavantages relevés dans la littérature ne semblent pas s'appliquer à notre cas d'étude puisque nous évitons les zones qui ne sont pas adaptées à cette technique (*e.g.* le lagon) et que les suivis sont réalisés lorsque les conditions environnementales sont les meilleurs possibles.

Bibliographie

Delcroix E. (2010). Protocole de suivi des pontes de Tortues Marines en Guadeloupe. *Réseau tortues marines guadeloupe FWI.*

English S., C. Wilkinson and V. Baker (1994). Survey manual for tropical marine resource, ASEAN-Australia Marine Science Project: Living Coastal Resources, Australian Institute of Marine Science, Townsville. 12-33.

Hazel J., I.R. Lawler, M. Hamann (2009). Diving at the shallow end: Green turtle behaviour in near-shore foraging habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 371:84–92.

Kenyon J.C., R.E. Brainard, R.K. Hoeke, F.A. Parrish and C.B. Wilkinson (2006). Towed-Diver Surveys, a method for mesoscale spatial assessment of benthic reef habitat : a case study at Midway atoll in the Hawaiian archipelago. *Coastal Management*. 34:339–349.

Miller I.R. and G. De'ath (1996). Effects of training on observer performance in assessing benthic cover by means of the *Manta tow* technique. *Marine freshwater ressources*. 47:19-26.

Miller I.R., M. Jonker and G. Coleman (2009). Crown-of-thorns starfish and coral surveys using the *manta tow* and SCUBA search techniques. *Long-term Monitoring of the Great Barrier Reef Standard Operation Procedure* - Number 9 - Edition 3.

Richards B.L., I.D. Williams, M.O. Nadon and B. J. Zgliczynski (2011). A Towed-diver survey method for mesoscale fishery-independent as-

sessment of large-bodied reef fishes. *Bulletin of marine science*. 87:55–74.

Roos D., D. Pelletier, S. Ciccione, M. Taquet and G. Hughes (2005). Aerial and snorkelling census techniques for estimating green turtle abundance on foraging areas: A pilot study in Mayotte Island (Indian Ocean). *Aquat. Living Resour*. 18:193–198.

Spotila J.R. (2004). Sea turtles – a complete guide to their biology, behavior and conservation. *The Johns Hopkins university press and oakwood arts*, Baltimore. 22-23.

Witt M.J., A. McGowan, J.M. Blumenthal, A.C. Broderick, S. Gore, D. Wheatley, J. White, B.J. Godley (2010). Inferring vertical and horizontal movements of juvenile marine turtles from time-depth recorders. *Aquatic biology*. 8:169-177.

Annexes

Annexe 1 : Protocole à appliquer lors de la capture d'un individu

L'individu capturé est amené au bateau. La longueur courbe de la carapace est alors mesurée à l'aide d'un mètre ruban souple (à partir de la jonction entre la peau du cou et la carapace jusqu'à l'extrémité de la dernière écaille marginale). Trois photos de l'individu (vue du plastron, vue de la dossière, vue latérale) sont prises afin de faciliter son identification. Si la tortue est blessée, des gros plans des blessures sont également réalisés.

Le prélèvement de peau

Seules les tortues identifiées par bagages peuvent faire l'objet d'un prélèvement de peau. Après avoir désinfecté la zone de prélèvement située à l'extrémité d'une des nageoires postérieures, un échantillon de peau est maintenu à l'aide d'une pince à épiler (désinfectée). L'échantillon de peau (de la taille d'un ongle) est coupé à l'aide d'une lame de scalpel stérile et est placé d'un un flacon contenant de l'alcool à 90°. Les flacons doivent-être placés au réfrigérateur dans les délais les plus courts possible et doivent être numérotés et listés afin de pouvoir associer l'échantillon de peau à l'individu dont il provient (Delcroix, 2010).

Le bagage

Cette manipulation est réalisée à l'aide d'une pince et d'une bague en métal. Chacune des bagues est numérotée. Il est essentiel de relevé ce numéro et de l'associer à l'individu bagué en précisant sur quelle nageoire antérieure elle a été placé (droite ou gauche). Lors de la mise en place de la bague, le numéro doit être placé vers le haut (afin d'en faciliter la lecture). Elle doit être positionnée entre la première écaille et l'épaule ou entre la première et la deuxième écaille de la nageoire. La bague doit être enfoncée le plus possible (maximum 1 mm entre le bout de la bague et la nageoire) afin de ne pas gêner l'individu (Delcroix, 2010).

Annexe2 : résultats des tests de Mann-Whitney

Plongeurs	p-valeur
Cazimire	0.641
Louis	0.947
Magali	1
Matthieu	0.365
Raimeho	0.562
Vetea	0.804

Tableau A1 : résultats des tests de Mann-Withney réalisé entre les deux périodes pour chacun des plongeurs.

Observateurs	p-valeur
Louis	1
Magali	1
Matthieu	0.800
Raimeho	0.462
Pilotes	
Auguste	0.100
Cazimire	0.048*
Vetea	1

Tableau A2 : résultats des tests de Mann-Withney réalisé entre les deux périodes pour chacun des observateurs.

Annexe 3: programme d'entrainement

La formation du personnel s'effectue en deux parties. D'une part, une formation théorique afin que le personnel prenne connaissance des différentes informations relatives aux suivis en mer.

D'autre part, une formation pratique réalisée en mer afin d'acquérir les capacités nécessaires et de mettre en application les connaissances relatives à la formation théorique.

1 ère partie : Formation théorique
Le responsable de la formation forme le personnel à l'aide d'un power point présentant les informations liées à :

- L'association meneuse du projet.
- Les espèces de tortues marines présentes en Polynésie française ainsi que les menaces anthropiques quelles subissent.
- La présentation du projet (étapes, îles visitées, etc.)
- La méthodologie liée à la technique du Manta tow
- Les caractéristiques morphologiques permettant d'identifier les espèces ainsi qu'un test de discrimination (réalisé à l'aide de photos de chacune des espèces)

2ème partie : Formation pratique (2-3 jours)

Cette partie est réalisée en deux étapes :

1. Un test de reconnaissance est réalisé dans une zone où la visibilité est bonne. Les plongeurs en surface doivent définir la nature, la taille et la profondeur d'un objet déposé au fond de l'eau, les marges d'erreurs sont de 5 cm pour la taille et de 2 m pour la profondeur
2. Une stimulation de session durant laquelle les plongeurs passent par des sites de plongée habituellement fréquentés par les tortues, durant au moins 30 min par plongeur, pour les familiariser avec l'utilisation des signes et la prise de données notamment en présence de tortues. L'observateur en surface quant à lui se familiarise avec la prise de données et l'utilisation du GPS.

Ces étapes sont réalisées plusieurs fois afin que le personnel inexpérimenté atteigne un degré de précisions des observations proche du personnel expérimenté. Au cours de cette formation, le partage des connaissances entre le personnel expérimenté et l'inexpérimenté est encouragé afin de faciliter l'apprentissage.